

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) 2 450 257 (13) C1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
[G01N 11/00 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 28.09.2015)

(21)(22) Заявка: [2010138917/28](#), 21.09.2010(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.09.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.09.2010

(45) Опубликовано: [10.05.2012](#) Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Филиппов С.И. и др. Физико-химические методы исследования металлургических процессов. - М.: Металлургия, с.280, 1968. Баум Б.А. и др. Металлические расплавы в прогрессивных технологиях, в кн. «Свойства металлических расплавов», ч. 1. - Екатеринбург, УГТУ-УПИ, с.109-111, 2008. SU 1541532 A1, 07.02.1990. SU 699398 A, 25.11.1979. EP 1158290 A2, 28.11.2001. JP 59015837 U, 31.01.1984.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности,
Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

Поводатор Аркадий Моисеевич (RU),
Конашков Виктор Васильевич (RU),
Цепелев Владимир Степанович (RU),
Вьюхин Владимир Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

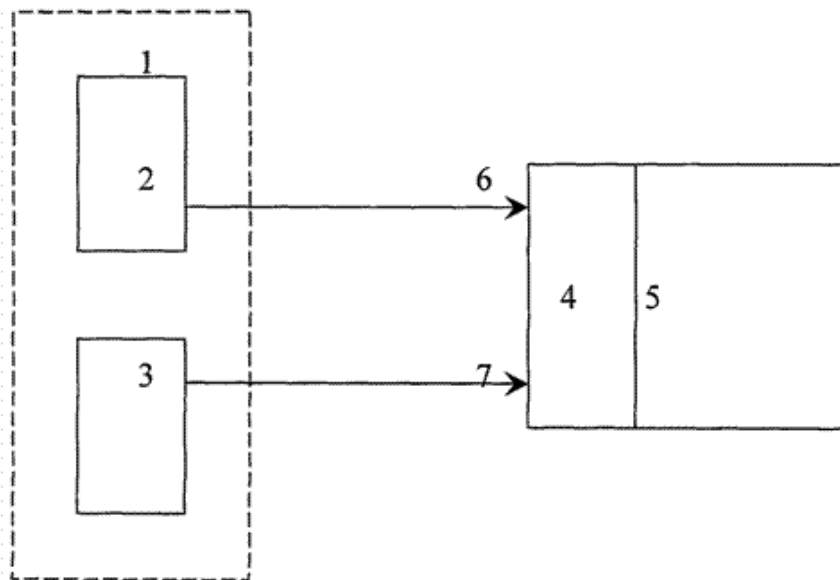
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина" (RU)

(54) СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Предлагаемые способ и устройство относятся к технической физике и предназначены для бесконтактного измерения вязкости и электропроводности высокотемпературных металлических расплавов фотометрическим методом определения характеристик крутильных колебаний тигля с расплавом. Способ исследования высокотемпературных металлических расплавов, при котором несколько раз определяют, в том числе путем прямых измерений, температурные зависимости параметров вязкости и электросопротивления расплава на основе железа, никеля или меди с получением значений параметров в виде электрических сигналов. При этом в первый раз определяют значения параметров вязкости и электросопротивления расплава путем прямых измерений при одинаковых значениях температуры, значения каждого из этих параметров подают на свой вход

коррелометра, на выходе которого получают значение коэффициента корреляции K этих параметров. Затем при определении указанных параметров расплава в следующий раз определяют путем прямых измерений значения только одного из параметров, а по значениям этого параметра и значению коэффициента корреляции K определяют значения другого параметра. Техническим результатом изобретения является обеспечение возможности удешевления, уменьшения трудоемкости и объема экспериментов, обеспечение по одному из параметров и коэффициенту корреляции K определения другого параметра, упрощение многократных экспериментов и подготовки к ним с учетом этой корреляции, а также повышение качества учебного материала при обучении студентов. 2 н.п. ф-лы, 6 ил., 4 пр.



Фиг. 1

Предлагаемые способ и устройство относятся к технической физике, а именно к способам и устройствам для контроля и измерения физических параметров веществ, и предназначены для бесконтактного измерения вязкости и электропроводности высокотемпературных металлических расплавов, в частности, на основе железа, никеля или меди фотометрическим методом определения характеристик крутильных колебаний тигля с расплавом. Сферой применения являются металлургические и учебные процессы, в частности разработка технологических схем формирования заданных параметров, а также лабораторные работы в процессе обучения студентов.

Многopараметрическое определение физико-химических параметров высокотемпературных ($t_{пл}=1000...2000^{\circ}\text{C}$) металлических жидкостей и расплавов, прежде всего, вискозиметрия - определение кинематической вязкости в образце, помещенном в цилиндрический тигель объемом несколько кубических сантиметров, который подвешен на упругой проволоке внутри вакуумной электропечи, а также бесконтактное определение электропроводности (электросопротивления) образца способом вращающегося магнитного поля позволяют проводить анализ материалов и давать рекомендации для получения сплавов с заданными характеристиками на предприятиях, в частности корректировать технологические режимы. В основе анализа политерм (температурных зависимостей) многокомпонентных промышленных расплавов лежат сведения о температурных зависимостях физических характеристик металлов, причем определяемые параметры связаны между собой соотношениями, количественно совпадающими с экспериментами (см. Баум. Б.А. и др. «Металлические расплавы в прогрессивных технологиях», в кн. «Свойства металлических расплавов», часть 1, Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2008, с.109...111). При этом анализ политерм двух важнейших структурно-чувствительных температурных параметров вязкости и электросопротивления (см. С.И. Филиппов и др. «Физико-химические методы исследования металлургических процессов», М., Металлургия, 1968, с.280) позволяет выделять особые температурные точки - температуру начала гистерезиса $t_{г}$, критическую $t_{кр}$ и температуру аномального изменения свойств расплава $t_{ан}$, а также гистерезисные характеристики цикла «нагрев - охлаждение». Несмотря на то, что оба параметра - вязкости и электросопротивления являются структурно-чувствительными по отношению к температуре, их взаимосвязь носит, строго говоря, корреляционный, а не функциональный характер. Принято считать, что средние значения определяемых величин по времени являются важной характеристикой детерминированных и стохастических сигналов. В случае если

результаты усреднения, которые представляют собой численные значения, зависят от параметров, например от времени или, в нашем случае, от температуры и от времени, пользуются функциями средних значений и важнейшей из них в технике измерений - корреляционной функцией (см. «Измерения в промышленности», справочник под ред. П. Профоса, М., Металлургия, 1980, раздел 2.5.2.3, с.115...117). Экспериментальное определение политерма каждого из вышеуказанных параметров, в том числе гистерезиса (ветвления политерма) и его особенностей, в частности его хода, а также фиксацию температур t_{Γ} , $t_{\text{кр}}$ и $t_{\text{ан}}$ осуществляет высококвалифицированный персонал в процессе сложного многочасового эксперимента, характеризуемого большим энергопотреблением и многочасовыми подготовительными работами.

Известен нестационарный бесконтактный фотометрический способ определения кинематической вязкости путем измерения параметров экспоненциального затухания (декремента) крутильных колебаний тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити (см. патент РФ №2386948 - аналог).

Известны способ и устройство для бесконтактного измерения электрического сопротивления металлического твердого образца или его расплава методом вращающегося магнитного поля (см. патент РФ №2299425 - аналог).

Недостатками вышеуказанных аналогов являются, во-первых, трудоемкость и сложность сравнительного анализа результатов измерений каждого из параметров расплава и их взаимосвязи, что не позволяет обеспечить упрощение, а также снижение трудозатрат, продолжительности и стоимости экспериментов.

Во-вторых, в результате многопараметровых экспериментов на различных установках информация о расплаве носит, с одной стороны, избыточный характер, в том числе по характеристикам гистерезиса политерма или вышеуказанных температур t_{Γ} , $t_{\text{кр}}$, $t_{\text{ан}}$, с другой стороны, отсутствует достоверная количественная оценка связи измеряемых параметров.

В-третьих, в случае необходимости многократного, в частности повторного, через какой-то срок, например через месяц или год, исследования этого же расплава, например после изменения технологии его создания, повторяют заново, от начала до конца, весь цикл многопараметровых экспериментов вследствие отсутствия вышеупомянутой достоверной количественной оценки связи измеряемых параметров.

В-четвертых, значения обоих параметров без количественной оценки их связи при обучении студентов, в том числе в вузовских лабораторных работах, не обеспечивают полноценное усвоение преподаваемого материала, несмотря на трудоемкость, дороговизну и сложность многочасовых экспериментов.

Наиболее близким к предлагаемой группе изобретений по технической сущности и достигаемому результату является бесконтактный фотометрический метод определения вязкости с дополнительной возможностью определения, посредством метода вращающегося магнитного поля, электросопротивления высокотемпературных расплавов (до 2000°C), реализуемый на комбинированной установке с общим для обоих методов образцом расплава (см. вышеуказанное С.И. Филиппов..., с.250...252, рис.105 - прототип). В способе исследования высокотемпературных металлических расплавов несколько раз определяют, в том числе путем прямых измерений, температурные зависимости параметров вязкости и электросопротивления расплава на основе железа, никеля или меди с получением значений параметров в виде электрических сигналов. Устройство для исследования высокотемпературных металлических расплавов содержит блок определения температурных зависимостей параметров вязкости и электросопротивления расплава на основе железа, никеля или меди, имеющий два выхода для вывода значений параметров в виде электрических сигналов.

Определение обоих параметров расплава в прототипе, в том числе путем прямых измерений, для каждой температурной точки заключается в неоднократном последовательном измерении температурных зависимостей параметров, сначала вязкости, затем электросопротивления расплава с получением значений параметров в виде электрических сигналов, после чего производят измерение в следующей температурной точке и т.д., причем полученные политермы вязкости и электропроводности анализируют, по сути дела, независимо друг от друга.

Недостатками способа и устройства по прототипу являются, во-первых, трудоемкость и сложность длительных экспериментов вследствие различных несовпадающих требований к процедуре и установке для измерения каждого из параметров расплава, сложность оптимизации установки вследствие компромиссных конструктивных требований к ней, например для определения вязкости желателен объем расплава 5...10 см³, а для электросопротивления - на порядок меньше, что вызывает различия в соответствующих требованиях к конструкции основных узлов

установки, в частности тигля с системой его упругого подвеса (масса, длина, толщина проволоочной нити и изолирующей части), мощности электронагревателя, времени нагрева образца, наличия катушек, создающих вращающееся магнитное поле и проч. Кроме того, отсутствует достоверная количественная информация о корреляции определяемых параметров расплава; одним из следствий этого является необходимость, например, при измерении электропроводности, проведения трудоемкой градуировки установки по твердому вольфрамовому образцу с известным электросопротивлением, что не позволяет обеспечить упрощение, а также снижение трудоемкости и стоимости экспериментов.

Во-вторых, определение политейм каждого из параметров посредством вышеуказанной установки, в том числе гистерезиса (ветвления политейм) и его особенностей, температур t_r , $t_{кр}$ и $t_{ан}$, требует увеличенного общего времени экспериментов, что может вызвать дополнительно угар компонентов расплава.

В-третьих, в результате многопараметровых экспериментов информация о параметрах расплава носит избыточный характер, в том числе по характеристикам оценки степени гистерезиса политейм и температур t_r , $t_{кр}$, $t_{ан}$, однако, при этом отсутствует достоверная количественная оценка связи обоих измеряемых параметров.

В-четвертых, в случае необходимости многократного и, в частности, повторного через какой-то срок, например через месяц или год, исследования этого же расплава, например после изменения технологии его создания, проводят заново, от начала до конца, весь цикл многопараметровых экспериментов вследствие отсутствия вышеупомянутой достоверной количественной оценки связи обоих параметров, что не позволяет обеспечить упрощение, а также снижение трудоемкости и стоимости экспериментов.

В-пятых, определение обоих параметров без количественной оценки их связи при обучении студентов, в том числе в вузовских лабораторных работах, не обеспечивает полноценное усвоение преподаваемого материала, несмотря на трудоемкость, дороговизну и сложность многочасовых экспериментов.

Технической задачей предложенной группы технических решений является обеспечение возможности удешевления, уменьшения трудоемкости и объема экспериментов, в том числе многократных и повторных, на основе определения величины корреляции двух структурно-чувствительных параметров, вязкости и электросопротивления расплава, обеспечение по одному из параметров и коэффициенту корреляции K определения другого параметра, упрощение многократных экспериментов и подготовки к ним с учетом этой корреляции, а также повышение качества учебного материала при обучении студентов.

Для решения поставленной задачи предлагаются способ исследования высокотемпературных металлических расплавов и устройство для его осуществления.

Способ исследования высокотемпературных металлических расплавов, при котором несколько раз определяют, в том числе путем прямых измерений, температурные зависимости параметров вязкости и электросопротивления расплава на основе железа, никеля или меди с получением значений параметров в виде электрических сигналов, отличается тем, что в первый раз определяют значения параметров вязкости и электросопротивления расплава путем прямых измерений при одинаковых значениях температуры, значения каждого из этих параметров подают на свой вход коррелометра, на выходе которого получают значение коэффициента корреляции K этих параметров, при определении указанных параметров расплава в следующий раз определяют путем прямых измерений значения только одного из параметров, а по значениям этого параметра и значению коэффициента корреляции K определяют значения другого параметра.

В устройство для исследования высокотемпературных металлических расплавов, содержащее блок определения температурных зависимостей параметров вязкости и электросопротивления расплава на основе железа, никеля или меди, имеющий два выхода для вывода значений параметров в виде электрических сигналов, введен коррелометр с двумя входами, каждый из которых соединен с одним из выходов блока определения температурных зависимостей параметров вязкости и электросопротивления.

Предложенная группа технических решений обеспечивает уменьшение трудоемкости, объема и стоимости работ при многократном определении температурных зависимостей параметров вязкости и электросопротивления расплава за счет определения коэффициента корреляции двух параметров расплава - вязкости и электросопротивления при первом измерении указанных параметров и использования значения коэффициента корреляции при последующем определении указанных параметров, когда измерение одного из параметров заменяется его вычислением.

Указанный результат важен как при промышленном использовании способа, так и при использовании его в учебных целях, при обучении студентов.

Предложенные технические решения, содержащие вышеуказанные совокупности ограничительных и отличительных признаков, не выявлены в известном уровне техники, что, при достижении вышеописанного технического результата, позволяет считать предложенные технические решения имеющими изобретательский уровень.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами.

Фиг.1. Блок-схема измерительного комплекса.

Фиг.2. Политермы электросопротивления, электропроводности и вязкости рельсовой стали К1 (• - нагрев, о - охлаждение).

Фиг.3. Политермы электросопротивления, электропроводности и вязкости рельсовой стали Н1 (• - нагрев, о - охлаждение).

Фиг.4. Политермы электросопротивления, электропроводности и вязкости меди (• - нагрев).

Фиг.5. Политермы электросопротивления, электропроводности и вязкости жаропрочного никелевого сплава ЖС26 (• - нагрев, о - охлаждение).

Фиг.6. Алгоритм передачи электрических сигналов в измерительном комплексе по шине USB.

Устройство для реализации способа исследования высокотемпературных металлических расплавов (фиг.1) содержит блок 1 определения температурных зависимостей параметров вязкости и электросопротивления расплава, в состав которого входят установка 2 для изучения вязкости и установка 3 для изучения электросопротивления, а также коррелометр 4 с дисплеем 5. Основные узлы (на схеме не показаны в подробностях) установок 2, 3 одинаковы и представляют собой вакуумную вертикальную электропечь, в зоне нагрева которой на подвеске коаксиально подвешен тигель с исследуемым образцом, соединенный с упругой проволоочной частью подвески с помощью керамического стержня, фотометрическое измерительное устройство, которое состоит из зеркала, закрепленного на верхнем конце керамического стержня, источника света и измерительного фотоприемного устройства. Каждая из установок 2 и 3 имеет свой компьютерный блок (на схеме не показано) управления и обработки результатов исследования. Блок 1 определения температурных зависимостей параметров вязкости и электросопротивления расплава содержит выход 6 для вывода значений параметров установки 2 для изучения вязкости и выход 7 для вывода значений параметров установки 3 для изучения электросопротивления. Выходы портов USB (или LPT) вышеупомянутых компьютерных блоков, являющиеся выходом 6 для вывода значений параметров установки 2 для изучения вязкости и выходом 7 для вывода значений параметров установки 3 для изучения электросопротивления, т.е. соответствующими выходами блока 1 определения температурных зависимостей параметров вязкости и электросопротивления расплава, соединены по отдельности со входами коррелометра 4 с дисплеем 5. Таким образом, входы коррелометра 4 с дисплеем 5 соединены с соответствующими выходами блока 1 определения температурных зависимостей параметров вязкости и электросопротивления расплава 1. Кроме того, установка 3 для изучения электросопротивления содержит источник вращающегося с частотой 50 Гц постоянного по амплитуде магнитного поля в виде статора трехфазного трансформатора, расположенного вблизи зоны нагрева электропечи.

Установка 2 для изучения вязкости выполнена в виде устройства для реализации нестационарного бесконтактного фотометрического способа определения кинематической вязкости путем измерения параметров экспоненциального затухания (декремента) крутильных колебаний тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити (см. патент РФ №2386948). Установка 3 для изучения электросопротивления выполнена в виде устройства для бесконтактного измерения электрического сопротивления металлического твердого образца или его расплава методом вращающегося магнитного поля (см. патент РФ №2299425). Компьютерные блоки управления и обработки результатов исследования каждой из установок 2 и 3 выполнены на основе персонального компьютера уровня не ниже Pentium-3. Коррелометр 4 с дисплеем 5 выполнен в виде отечественного серийного коррелометра Ф7016 или реализован в виде виртуального прибора - коррелометра 4 на персональном компьютере, работающем с программой Excel. В этом случае каждый из выходов 6 и 7 установок 2 и 3, выполненный в виде порта USB, соединен посредством моста «USB-UART», реализованного на двух микросхемах FT232R фирмы FTDI, с соответствующим входным портом USB виртуального прибора - коррелометра 4 на персональном компьютере.

Изучение температурных зависимостей (политерм) параметров вязкости и электросопротивления высокотемпературных расплавов и корреляции между ними, в

том числе при многократных исследованиях, осуществляют следующим образом.

После выполнения подготовительных работ на каждой из установок 2 и 3, на них раздельно, синхронно или не синхронно, осуществляют соответствующие эксперименты по снятию политерма вязкости и электросопротивления у одного и того же расплава в необходимом температурном диапазоне в одних и тех же температурных точках t_i , которые задают в процессе эксперимента, при этом каждая из этих точек должна быть задана в обеих установках 2 и 3 с максимально возможной степенью совпадения значения t_i , например, с различием меньше $\pm 5^\circ\text{C}$ в области температур $1000 \dots 1500^\circ\text{C}$, причем точки цикла «нагрев-охлаждение» отделены друг от друга и не обязательно совпадают по величине. Количество точек t_i желательно иметь несколько десятков, но практически получают около десяти точек, что увеличивает отклонение результатов измерений от нормального закона распределения и незначительно снижает уровень достоверности коэффициента корреляции K . Тем не менее, число точек пять и более является достаточным для обработки результатов эксперимента без установления закона распределения (см. А.В.Фремке. «Электрические измерения», Ленинград, изд. Энергия, 1980, с.53). Электрические сигналы с выходов 6 и 7, отражающие для установок 2 и 3 термозависимые параметры вязкости или электросопротивления расплава, подают с выходных шин - портов USB каждой из установок 2 и 3, как описано выше, на USB входы коррелометра 4. Синхронность попадания этих электрических сигналов на USB входы коррелометра 4 возможна, но не обязательна. Коррелометр 4 осуществляет обработку вышеуказанных электрических сигналов, причем основными операциями обработки являются перемножение этих сигналов и усреднение полученного результата интегрированием (см. вышеупомянутое А.В.Фремке. «Электрические измерения», Ленинград, изд. Энергия, 1980, с. 383, 384), и определяет коэффициент корреляции K между ними. Это значение K отражает степень взаимосвязи между двумя важнейшими структурно-чувствительными термозависимыми параметрами - вязкостью и электросопротивлением и показывает, насколько определяемые параметры связаны между собой соотношениями, количественно совпадающими с экспериментами (см. вышеуказанное Баум Б.А.).

Кроме того, коррелометр 4 с дисплеем 5, в частности, в виртуальном виде может быть использован как пороговый сигнализатор, в котором исследователи могут осуществить предустановку, например программную, минимальной пороговой величины определяемого коэффициента корреляции $K=A_{\text{пор}}$. В этом случае можно реализовать простую бинарную систему сигнализации с отражением на дисплее 5 коррелометра 4, например зеленой/красной индикации (светодиодного типа), величины коэффициента корреляции K для случаев больше/меньше его порогового значения $A_{\text{пор}}$. Это обеспечивает расширение функциональных возможностей использования коррелометра 4.

При проведении многократных или повторных последующих экспериментов по определению термозависимых параметров вязкости и электросопротивления этого же расплава, например через месяц или год, в частности после изменения технологии его создания, обычно повторяют заново, от начала до конца, весь цикл вышеуказанных двухпараметровых экспериментов вследствие отсутствия достоверной количественной оценки связи обоих параметров. При использовании коэффициента корреляции K отпадает необходимость повторять заново, от начала до конца, весь цикл двухпараметровых экспериментов. На основании анализа коэффициента корреляции K может оказаться, что достаточно ограничиться определением одного параметра и прогнозированием другого посредством коэффициента корреляции K между ними. В случае величины K не меньше пороговой величины $A_{\text{пор}}$, выбранной экспериментатором на основании оценки результатов предыдущих экспериментов и требуемой точности определения прогнозируемого параметра, например, $A_{\text{пор}}=0,8$, принимают решение о прекращении одного из последующих повторных экспериментов и достаточности для данного расплава изучения только одного из параметров, например вязкости. При этом прогнозируют значение другого параметра, электропроводности.

В качестве примеров реализации предложенных технических решений приведены результаты определения коэффициента корреляции K для параметров вязкости, электросопротивления и электропроводности образцов различных расплавов, полученные посредством виртуального коррелометра 4 с дисплеем 5, реализованного в виде дополнительного компьютера, работающего с программой Excel. В этом случае вышеуказанные электрические сигналы подают с выходов 6 и 7 - портов USB каждой из установок 2 и 3 посредством моста «USB-UART» на USB входы виртуального

коррелометра 4, вводят в таблицу Excel и вычисляют коэффициент корреляции K по стандартной формуле, имеющейся в Excel.

Пример 1. На фиг.2 показаны полученные посредством вышеуказанных установок 2 и 3 политермы вязкости, электросопротивления и электропроводности образца расплава мартеновской рельсовой стали марки М76В (К1), выпускаемой Кузнецким металлургическим комбинатом. Вычисленные по девяти точкам этих политерм коэффициенты корреляции $K_{\text{нагр}}$ при нагреве равны соответственно -0,972 и +0,976. При охлаждении образца расплава коэффициенты корреляции $K_{\text{охл}}$ равны соответственно -0,893 и +0,921. По этим значениям, при выборе пороговой величины коэффициента корреляции $K=A_{\text{пор}}=0,8$, даже при минимальной величине $K_{\text{охл}}=-0,893$ достаточно провести экспериментальное определение одного из параметров и не проводить в следующий раз эксперименты по определению второго параметра.

Пример 2. На фиг.3 показаны полученные посредством вышеуказанных установок 2 и 3 политермы вязкости, электросопротивления и электропроводности образца расплава мартеновской рельсовой стали марки М76В (Н1), выпускаемой Нижнетагильским металлургическим комбинатом. Для этого расплава вычисленный по девяти точкам этих политерм $K_{\text{нагр}}$ равен -0,978 и +0,969; $K_{\text{охл}}$ равен -0,995 и +0,997. По этим значениям даже при выборе пороговой величины коэффициента корреляции $K=A_{\text{пор}}=0,95$ достаточно провести экспериментальное определение одного из параметров данного расплава и не проводить в следующий раз эксперименты по определению второго параметра.

Сравнение результатов этих примеров позволяет прогнозировать более высокую степень стабильности и предсказуемости параметров образца расплава рельсовой стали Н1, выпускаемой Нижнетагильским металлургическим комбинатом, и сделать вывод о предположительно более совершенной технологии производства.

Пример 3. На фиг.4 показаны политермы вязкости, электросопротивления и электропроводности образца расплава меди, построенные по литературным источникам (см. Белоусов А.А. и др. «Физико-химические свойства жидкой меди и ее сплавов». Справочник, Екатеринбург, 1977, с.72-73, табл.3.1, с.85, табл.4.1). Для этого расплава вычислены по пяти точкам политерм при нагреве значения коэффициента корреляции $K_{\text{нагр}}=-0,959$ и +0,979. Такие высокие значения коэффициента корреляции, даже для малой выборки, позволяют сделать предположение о возможности не проводить в следующий раз эксперименты по определению второго параметра.

Пример 4. На фиг.5 показаны политермы вязкости, электросопротивления и электропроводности образца литейного никелевого жаропрочного расплава ЖС 26, содержащего добавки Cr, W, Mo, Co, Al, Ti, V и др.; политермы построены по данным экспериментов, выполненных на установках 2 и 3 в 80-х годах в Уральском политехническом институте в лабораториях кафедры физики (см. кн. «Свойства металлических расплавов», часть 2, Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2008, с.79...82). Для этого расплава вычислены по восьми точкам политерм значения коэффициента корреляции $K_{\text{нагр}}=-0,969$ и +0,971, $K_{\text{охл}}=-0,866$ и +0,867. По этим значениям, при выборе пороговой величины коэффициента корреляции $K=A_{\text{пор}}=0,8$, даже при минимальной величине $K_{\text{охл}}=-0,866$ (для политермы охлаждения) достаточно провести экспериментальное определение одного из параметров и не проводить в следующий раз эксперименты по определению второго параметра данного литейного никелевого жаропрочного расплава ЖС 26.

На фиг.6 приведен алгоритм, используемый для передачи и обработки электрических сигналов от блока 1 в виртуальный коррелометр 4.

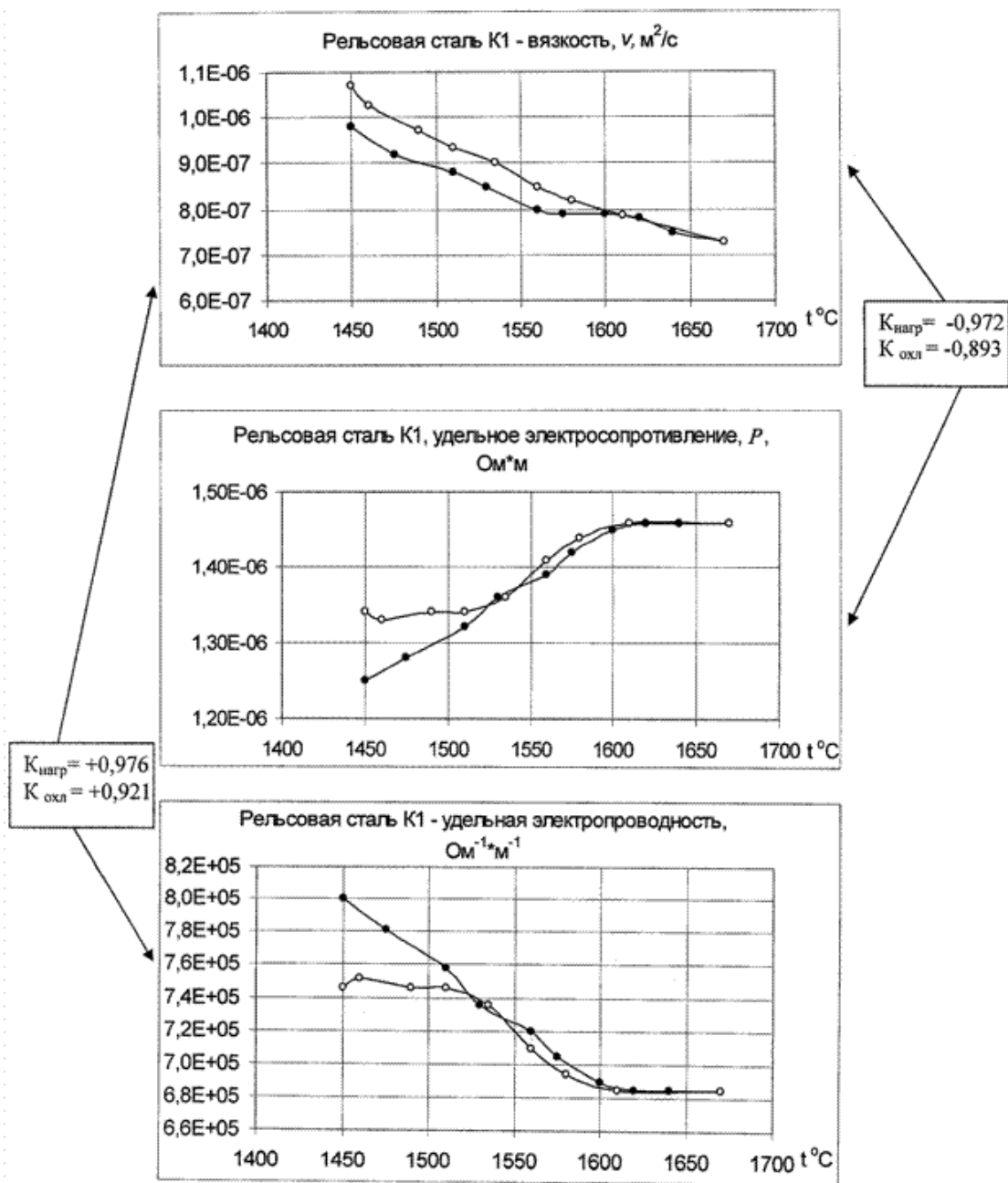
Приведенные примеры подтверждают реализацию поставленной задачи при использовании предложенной группы технических решений.

Формула изобретения

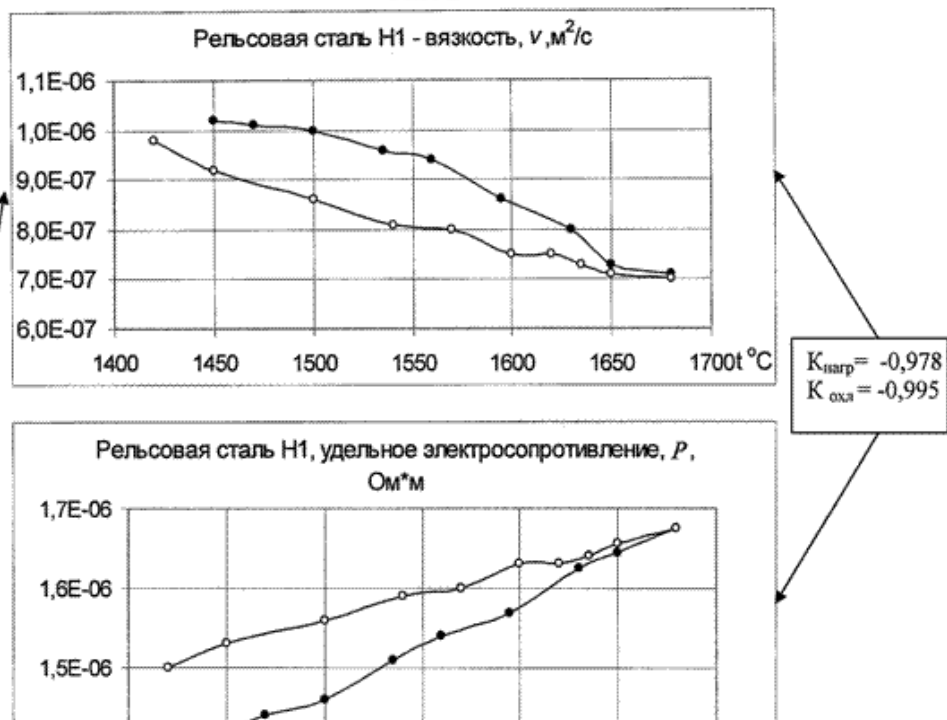
1. Способ исследования высокотемпературных металлических расплавов, при котором несколько раз определяют, в том числе путем прямых измерений, температурные зависимости параметров вязкости и электросопротивления расплава на основе железа, никеля или меди, с получением значений параметров в виде электрических сигналов, отличающийся тем, что в первый раз определяют значения параметров вязкости и электросопротивления расплава путем прямых измерений при одинаковых значениях температуры, значения каждого из этих параметров подают на свой вход коррелометра, на выходе которого получают значение коэффициента корреляции K этих параметров, при определении указанных параметров расплава в

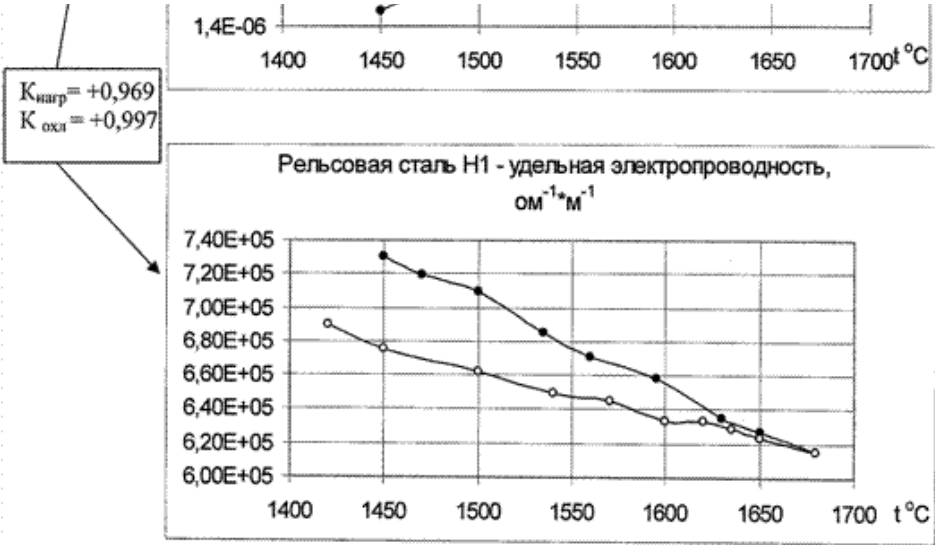
следующий раз определяют путем прямых измерений значения только одного из параметров, а по значениям этого параметра и значению коэффициента корреляции K определяют значения другого параметра.

2. Устройство для исследования высокотемпературных металлических расплавов, содержащее блок определения температурных зависимостей параметров вязкости и электросопротивления расплава на основе железа, никеля или меди, имеющий два выхода для вывода значений параметров в виде электрических сигналов, отличающееся тем, что в него введен коррелометр с двумя входами, каждый из которых соединен с одним из выходов блока определения температурных зависимостей параметров вязкости и электросопротивления.

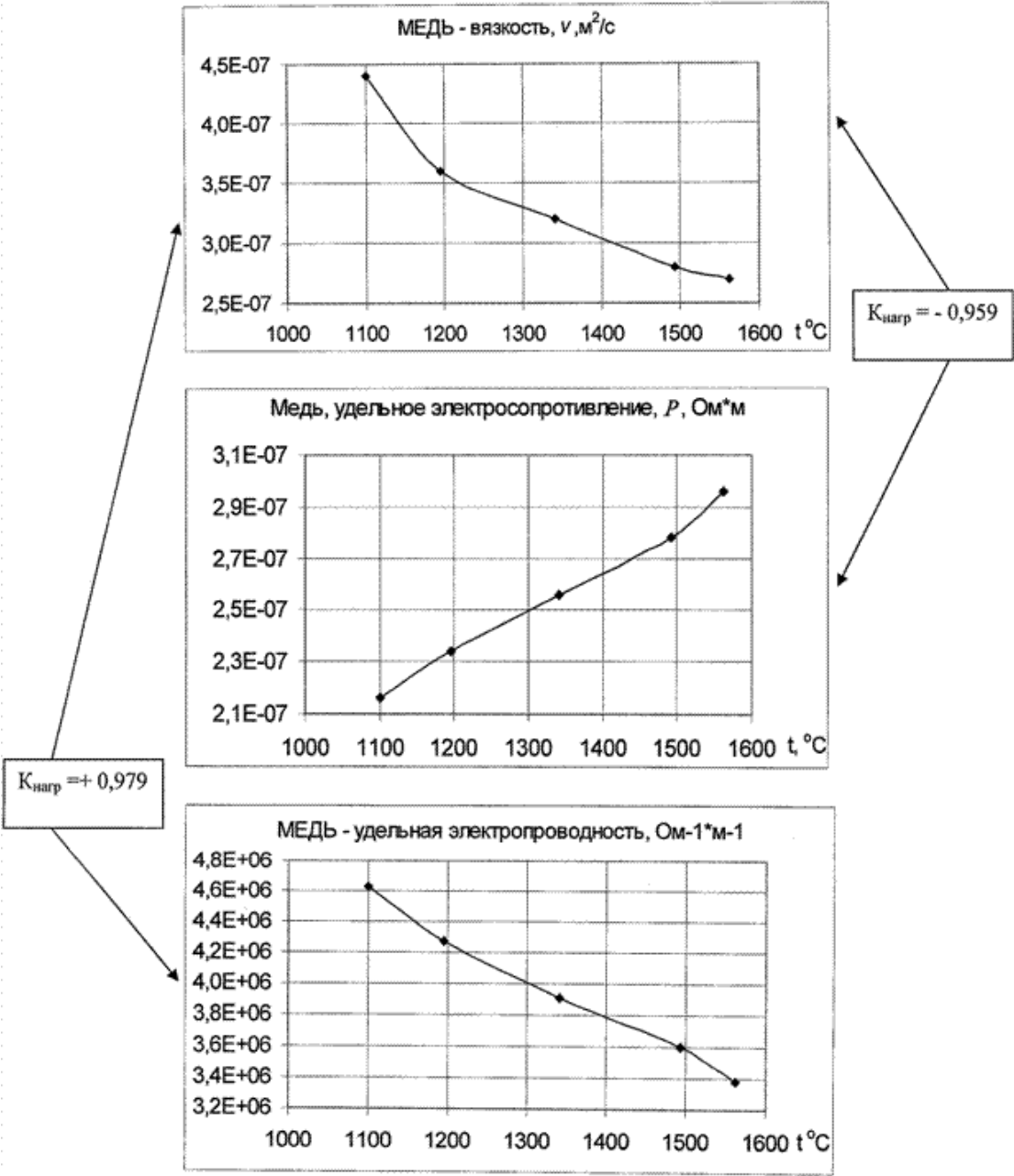


Фиг. 2

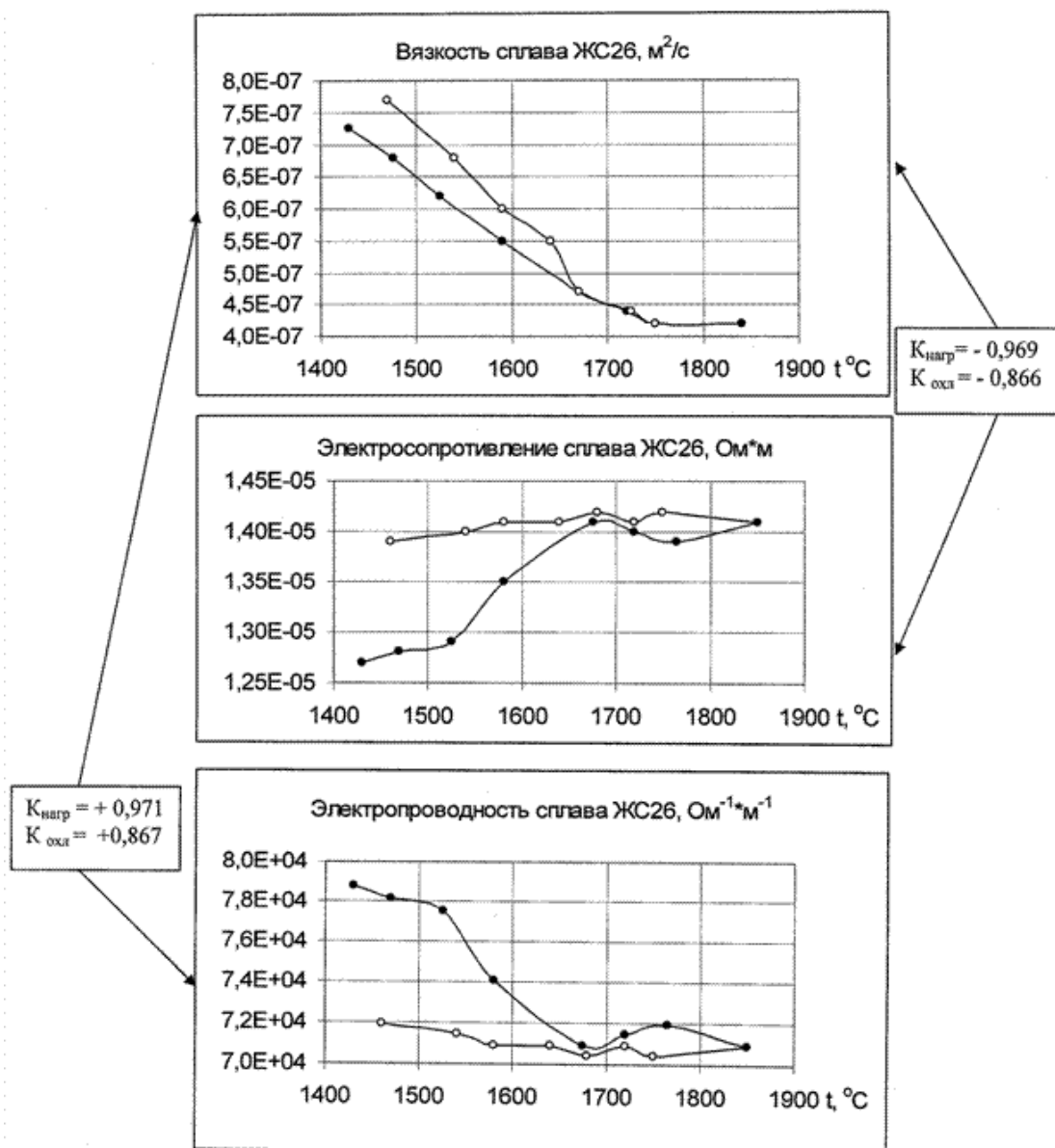




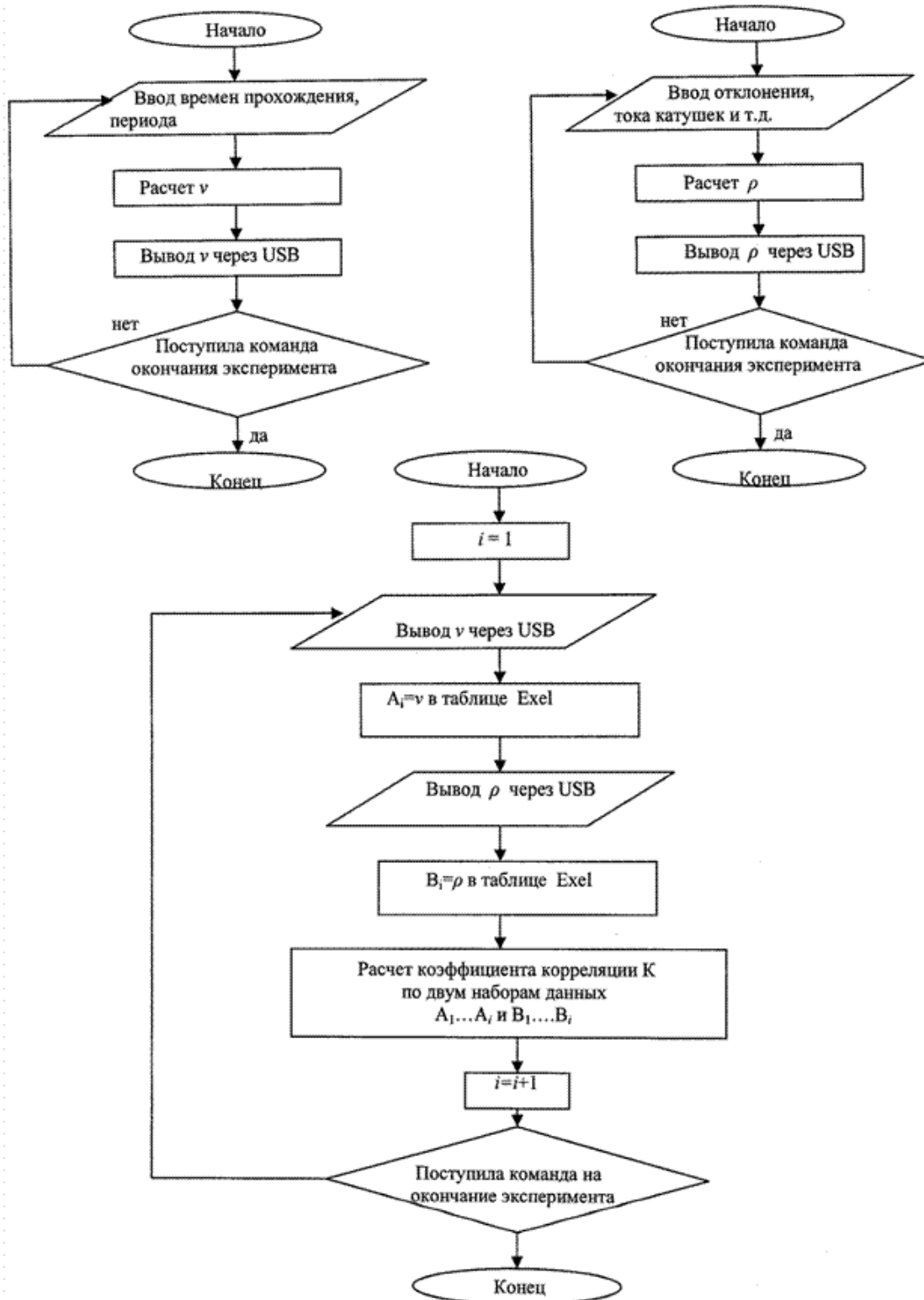
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **22.09.2012**

Дата публикации: [20.07.2013](#)

